

Cobre Panamá

Informe Semestral de Restauración Ecológica en el Proyecto Mina de Cobre Panamá

Fecha del Evento: Periodo de octubre 2021 a marzo de 2022

Fecha de Emisión	Revisión	Descripción	Elaborado por:		Revisado y Aprobado por:	
19/04/2022	0	Informe Técnico	Irving Vergara **Botánico de Medio Ambiente**		Blanca Araúz **Superintendente de Medio Ambiente**	



PROYECTO MINA DE COBRE PANAMA

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL (EsIA) CATEGORIA III

Informe Semestral de Restauración Ecológica

Compromisos de EsIA Aplicables	Periodo reportado	Elaborado por	Fecha de Emisión del Reporte
13230 13234 13237	Octubre 2021 a marzo 2022	MINERA PANAMA S.A.	19/04/2022

1. INTRODUCCIÓN

La restauración ecológica es una actividad deliberada que inicia o acelera la recuperación de un ecosistema con respecto a su salud, integridad y sostenibilidad. Las intervenciones que se emplean en la restauración varían mucho de un proyecto a otro, dependiendo de la extensión y la duración de las perturbaciones pasadas, de las condiciones culturales que han transformado el paisaje y de las oportunidades y limitaciones actuales. La meta final del proceso no es recuperar integralmente el estado anterior al disturbio, pero si garantizar que las funciones y los procesos ecológicos sean similares al ecosistema original a través del tiempo (SERI 2004).

El éxito de la restauración de un bosque tropical se mide en la recuperación de la biodiversidad, la biomasa y la productividad primaria, la materia orgánica del suelo, la capacidad de almacenamiento del agua y el regreso de las especies raras que son claves para reestablecer la estructura y las funciones del ecosistema (Elliott, Blakesley y Hardwick, 2013).

El proceso de restauración ecológica suele ser muy dinámico e involucra adquirir información necesaria para la toma de decisión y el mejoramiento de metodologías aplicadas. Por tal razón, es importante el establecimiento de parcelas experimentales para desarrollar modelos de restauración que nos permitan garantizar que las funciones y los procesos ecológicos sean similares al ecosistema original a través del tiempo; y de gran interés resulta dar seguimiento a los monitoreos de las especies plantadas en el sitio, que permitan evaluar su desarrollo y evolución en respuesta de las condiciones climáticas y la composición del suelo que se presentan en el lugar.

Minera Panamá S.A., tiene como parte de sus compromisos ambientales la restauración de áreas dentro de la huella del Proyecto, la cual será ejecutada gradualmente durante el período de vida activa de la mina (aprox. 30 años), a medida que se culmine el trabajo del proyecto en áreas específicas.

2. OBJETIVOS

- Cumplir con los compromisos establecidos en el EsIA Cat III, que aseguren el éxito de la restauración del Proyecto Mina de Cobre Panamá.

- Implementar el monitoreo (mortalidad, crecimiento y otros indicadores de las especies) de las parcelas establecidas.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Establecimiento y descripción de la parcela de restauración ecológica de MSA (Código B-PRE-009)

La parcela de MSA fue establecida en el año 2019. Esta se ubica en el área del taller de equipos pesados de IIASA, en el área denominada Área de Suministro de Materiales (MSA, por sus siglas en inglés), y diagonal a la garita MSA de entrada al Tajo de Botija; entre los 08°50´55.9” Norte y los 80°39´44.7” Oeste. La parcela se encuentra orientada hacia el Noroeste, según el sistema de coordenadas geográficas, mide aproximadamente 0.6 hectáreas y está conformada por dos fajas de 20x140 metros, cada una de las cuales contiene siete cuadrantes de 20x20 metros, numerados de acuerdo con la coordenada del vértice inferior izquierdo. De igual manera, cada uno de estos cuadrantes 20x20 metros están divididos en 16 subcuadrantes de 5x5 metros (Figura 01).

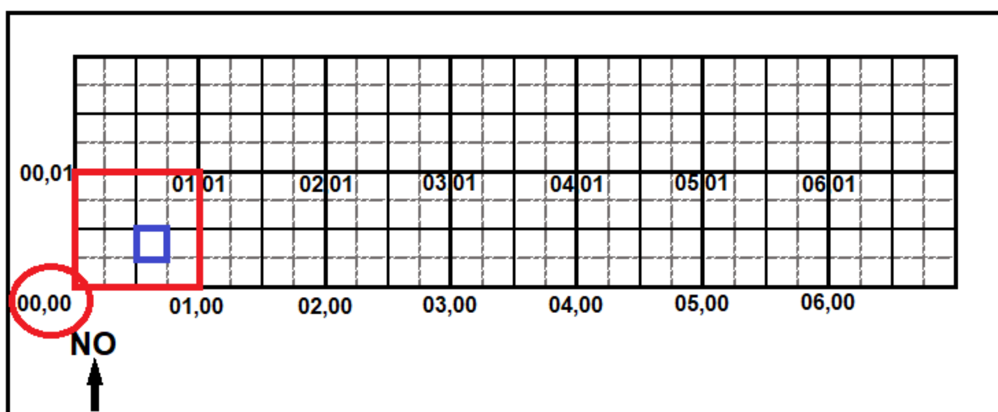


Figura 01. Modelo de la parcela del MSA demarcada en cuadrantes 20x20 m (recuadro rojo) y 16 sub-cuadrantes de 5x5 m (recuadro azul), codificados con sus respectivos números. Nótese la numeración del cuadrante 20x20 m (círculo rojo), ubicada en el vértice inferior izquierdo.

El suelo de la parcela del MSA está compuesto de material de arcilla roja y rocas, con una inclinación aproximada de 20 grados. El sitio cuenta con barreras de contención y canales de desagüe para evitar la erosión del suelo, de igual manera, fue hidrosembrada con *Brachiaria decumbens* con el mismo propósito.

La siembra de plantones en esta parcela en el año 2019, se realizó sin un arreglo específico, ya que los plantones fueron sembrados de manera que no llevaran una línea ordenada de siembra perpendicular a la parcela, ni tampoco hubo un distanciamiento específico entre un plantón y otro (ver figura 02). Entre las especies provenientes del vivero que fueron plantadas en las parcelas se encuentran especies pioneras, y también especies de árboles y arbustos del sotobosque.

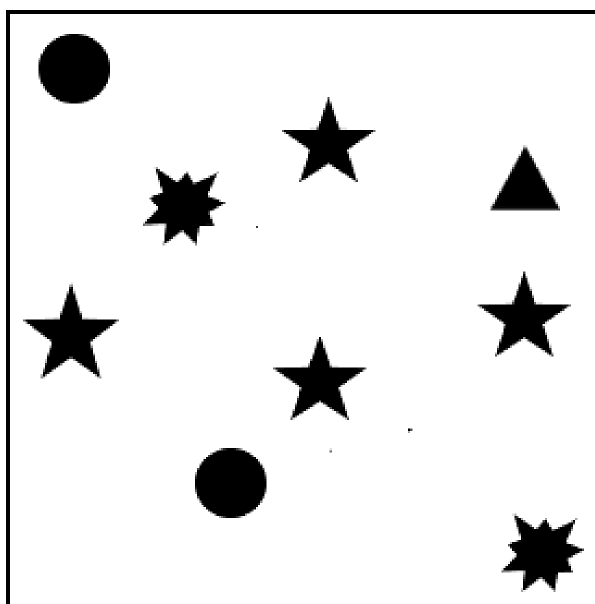


Figura 02. Disposición de siembra de plantones en un cuadrante 5x5 m en la parcela MSA (B-PRE-009). ● =Especie de árbol del sotobosque; ▲= especie de arbusto del sotobosque; ★= especie de árbol pionero; ✸= especie de arbusto pionero.

3.2. Monitoreo

Para este periodo (octubre 2021 – marzo 2022), se realizó el monitoreo en la parcela de restauración B-PRE-009 de MSA, para determinar variables como la sobrervivencia, salud, altura, diámetro del cuello de raíz y ancho de copa, de aquellas plantas que fueron sembradas desde el año 2019 y aquellas resembradas en 2020 y 2021, que reemplazaron a aquellas plantas que murieron después de ser sembradas en el año del levantamiento de la parcela. También se registraron las plantas de regeneración natural. El monitoreo de esta parcela se realiza anualmente. Cabe señalar que este corresponde al segundo monitoreo de plantas que se realiza en esta parcela, desde el año del levantamiento de la información en 2019.

Las especies que resultaron muertas al momento de realizar el monitoreo de este periodo, fueron reemplazadas por plántulas de la misma especie, siempre que fue posible, (provenientes del vivero). Las plantas muertas fueron contabilizadas y registradas en la base de datos para el posterior cálculo de sobrevivencia.

Las plantas sembradas desde 2019 y aquellas resembradas, fueron rotuladas utilizando placas de aluminio; marcando un código de seis letras en mayúsculas que comprende las tres primeras letras del género y las tres primeras letras de la especie. Además, se registró un código que comprende el número de la planta, el número del cuadrante 20x20 metros y el número del subcuadrante 5x5 metros donde está ubicada dicha planta (Figura 03).

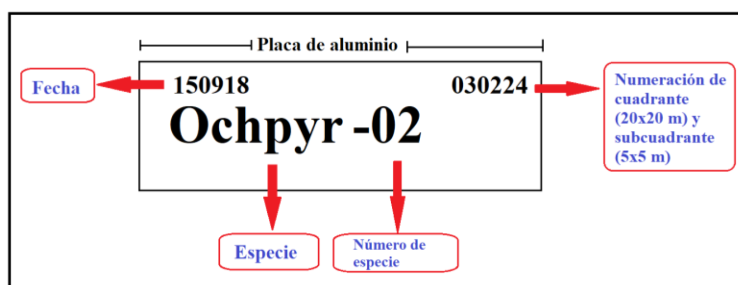


Figura 03. Rotulación de plantones utilizando placas de alumino. Se muestra un ejemplo de la especie *Ochroma pyramidale* (Ochpyr) sembrada y mapeada en las parcelas de restauración. El código a la derecha indica la ubicación de esta planta en la parcela: cuadrante 0302, en el subcuadrante 2.4.

3.3. Mantenimiento

Tanto la parcela de restauración B-PRE-009 (MSA) como en las demás parcelas; B-PRE-001 (Parcela 2.5), B-PRE-39 (Pipeline Km 4+100), B-PRE-008 (parcela en la antigua Poza 4 en Puerto) y la parcela del Botadero Sur del Tajo Botija (B-PRE-36), se les dio mantenimiento durante este periodo (ver anexos). El mantenimiento consistió en limpiar el remanente de hierba de la hidrosiembra, alrededor de los plantones (para evitar que la hierba no los “ahogue”), y posteriormente se realizó la aplicación de fertilizante químico granulado (12-24-12), fertilizante orgánico a base de ácido húmico y fúlvico, fertilizante biológico (Biobacter) y abono foliar. También fueron fumigadas contra los patógenos con fungicida e insecticida cada seis meses.

3.4. Parcela de restauración Pipeline Km 4+100 (Código B-PRE-39)

3.4.1. Descripción y establecimiento

La parcela fue creada producto de los trabajos realizados por las maquinarias en el sitio, como respuesta a un evento de vertido de relaves que se dio el pasado mes de julio de 2021 proveniente de la tubería de relaves que pasa por la vía del Pipeline Road, específicamente, en el Km 4+100. Esta se encuentra ubicada a orilla del Camino, entre los 08°52´41.2” Norte y los 80°38´26.2” Oeste y mide aproximadamente 2,012 m^2, con una inclinación aprox. de 20 grados. Comprende cuatro barreras de contención contra la erosión que van dispuestas paralelas a la calle, hasta la parte más baja próximo al bosque, en donde el terreno es más plano.

El suelo de la parcela está compuesto por material arcilloso de color rojo y la vegetación que bordea esta parcela está compuesta mayormente por especies pioneras (de rápido crecimiento), tales como *Cecropia* sp. (Guarumo), *Ochroma pyramidale* (Balso), *Piper auritum*, *Vismia macrophylla* (Sangrillo) y *Solanum* sp., además de especies de sombra como *Inga* sp., *Psychotria allenii*, *Aphelandra* sp. y *Ardisia* sp., helechos como *Alsophyla* sp., palmas como la *Socratea exorrhiza* (Jira) y *Astrocaryum alatum*, *Heliconia* sp. y *Calathea nodosa*, además de plantas cultivadas de *Musa* sp. (esta especie fue cultivada anteriormente por una comunidad establecida antes de iniciadas las actividades del proyecto minero).

Antes de la siembra en el área fueron efectuados los trabajos de preparación del terreno, esto es: el terreno fue estabilizado con barreras de contención e hidrosembrado con la hierba *Brachiaria decumbens* por parte del área de Servicios Ambientales, del departamento de Ambiente, como primera medida de mitigación para evitar la erosión del terreno. Luego fue medido en pH del suelo. Una vez determinado el nivel de acides del suelo, fue aplicada la cal (Hidróxido y Carbonato de Calcio). La cal tiene la función de elevar el pH del suelo para que las plantas puedan absorber con más facilidad los nutrientes a través de las raíces.

La siembra fue realizada siguiendo una distribución en línea recta paralela a la carretera (ver figura 04), con las plantas distribuidas al azar en cada línea e intercaladas entre líneas, de manera que fueron mezcladas diferentes especies de árboles, arbustos, helechos, palmas y diferentes hierbas. La distancia de siembra entre cada planta fue de 1.5 metros.

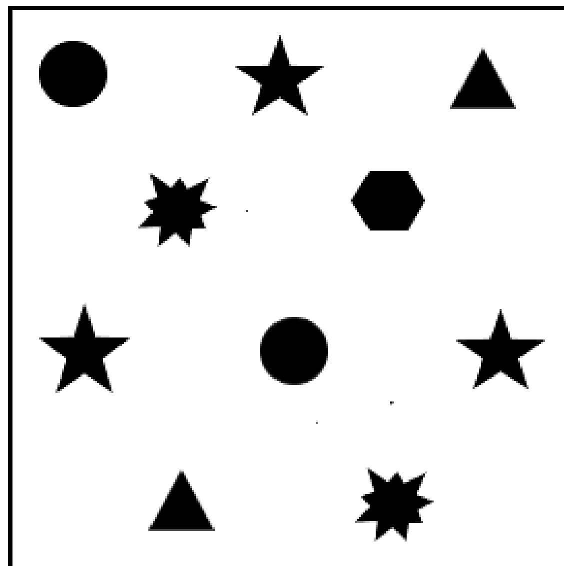


Figura 04. Disposición de siembra de plantas aplicada en la parcela

Para la siembra fueron utilizadas plantas provenientes del vivero de restauración (en Valle Grande) y también fueron extraídas plantas directamente de la vegetación circundante a la parcela.

Las especies sembradas son plantas pioneras, pero también se incluyó especies de sombra, que han resultado tener buen rendimiento en la restauración de parcelas dentro del sitio mina. Además, de que son especies que se encuentran en la vegetación que bordea dicha parcela.
Los plantones sembrados que provinieron del vivero fueron inmediatamente fertilizados con abono completo (12-24-12) que fue aplicado en dos agujeros a cada lado de la planta en un radio de 10 cm del tallo.

Las plantas que fueron extraídas de la vegetación circundante, se colectaron con la mayor cantidad de sustrato posible en las raíces que fueron remojadas y cubiertas con plástico para reducir la pérdida de humedad y evitar el estrés a la planta. Al momento de la siembra, fue añadido al hoyo un sustrato de suelo de aluvión combinado con micorrizas del bosque y micorrizol: un compuesto biológico de suelo con esporas de hongos fijadores de nutrientes.

3.4.1. Demarcación y mapeo

Para este periodo se realizó la demarcación de dos cuadrantes de 20x20 metros, cada uno de los cuales están subdivididos en 16 subcuadrantes de 5x5 metros. Seguido se hizo el levantamiento de la información de las plantas: mapeo y medida de la altura, diámetro de cuello de raíz y ancho de copa (ver anexos), con el fin de dar seguimiento al proceso de restauración en el área y evaluar el crecimiento y sobrevivencia de las plantas. Los monitoreos en los dos cuadrantes serán realizados anualmente, de igual manera, el censo de plantas en el resto de la parcela.

3.5. Restauración de nuevas áreas en el Sitio Mina

Se realizaron actividades de restauración de nuevas áreas ubicadas en el Tajo Botija, específicamente, el área del Botadero Sur. Estas áreas consisten en taludes y áreas planas que fueron hidrosembradas con *Brachiaria decumbens*, de igual forma, cuentan con canales y barreras de contención para controlar la erosión del suelo. El suelo predominante en estas áreas es el arcilloso rojo combinado con rocas (saprolita), y la vegetación que bordea a estas áreas comprende principalmente, especies pioneras como *Cecropia* sp., *Isertia laevis*, *Isertia haeckeana*, *Ochroma pyramidale*, *Trema michranta*, *Trichospermum galeottii*, *Solanum* sp., *Alsophyla* sp., entre otras.

Antes de realizarse la siembra de plantas en estas áreas, se realizó la limpieza alrededor de cada plantón en un radio de 1 m para remover la hierba (*Brachiaria decumbens*) con la ayuda de máquinas manuales para cortar grama. Luego de la limpieza fue medido el pH inicial a cada una de las áreas y después fue aplicado al suelo el Hidróxido y el Carbonato de Calcio (Cal) [ver anexos].

Los plantones fueron sembrados con un arreglo y distanciamiento específico de 1.5 metros de cada uno, según el diagrama en la figura 04, y los plantones fueron distribuidos al azar por especie, donde se sembraron arbustos y árboles de menor tamaño, ya que algunas de estas áreas son áreas de la pared del talud (en el caso de áreas del Botadero Sur del Tajo Botija B-PRE-36, B-PRE-37, B-PRE-40 y B-PRE-41), y requieren plantas de poca envergadura para evitar la caída de estas plantas cuando estén bien establecidas. En estas áreas en particular, fueron seleccionadas plantas, en su mayoría, pioneras provenientes del vivero de Valle Grande del tipo arbusto, tales como: *Piper aduncum*, *Piper auritum, Muntingia calabura* y *Bellucia*

pentamera. Mientras que en la parte plana del talud (banqueta) y en aquellas áreas planas como en el área B-PRE-42, fueron sembradas mayormente especies de árboles de sombra como son: *Inga* sp., *Inga pezizifera*, *Vochysia ferruginea*, *Cespedesia spathulata*, entre otras, y pioneros como *Ochroma pyramidale*. Durante la realización de esta actividad también fue aplicado el fertilizante que comprendió una mezcla de fertilizante químico completo granulado (12-24-12) y fertilizante granular orgánico de Leonardita (ácido húmico y fúlvico), cuya mezcla fue añadida en pequeños agujeros ubicados a 10 centímetros de radio alrededor de cada planta.

3.6. Registro de la Información y Análisis

La información registrada de crecimiento, mortalidad y regeneración natural en la parcela de restauración B-PRE-009 y B-PRE-39, se ingresó en la base de datos (Access Microsoft) para su posterior análisis.

El análisis de la sobrevivencia y mortalidad de cada especie nos permite identificar especies que pueden ser más aptas para ser utilizadas en las etapas tempranas de la restauración, y si es necesario, aplicar técnicas adicionales para mejorar su desarrollo desde la etapa de germinación y mantenimiento de plantones en el vivero, y posteriormente en las parcelas de restauración.

Para la selección de plantones adecuados se tomaron tres criterios según Elliott, Blakesley y Hardwick, 2013:

Categoría 1: las plantas que quedaron por debajo de la mayoría o de todos los estándares mínimos aceptables fueron consideradas como especies no aceptables. Estas especies no se descartarán del proyecto de restauración, pero se les dará un seguimiento más riguroso para lograr mejorar su rendimiento en las parcelas de restauración.

Categoría 2: las plantas que excedieron algunos de los estándares mínimo aceptables, pero quedaron por debajo de otros, o quedaron por debajo de varios estándares por un margen pequeño, fueron consideradas como especies marginales. Estas especies se someterán a investigación para mejorar su rendimiento.

Categoría 3: Las plantas que excedieron en gran proporción a la mayoría de todos los estándares mínimos fueron consideradas como especies aceptables y, por ende; adecuadas para utilizar en futuras plantaciones.

Los estándares aceptables para las plantas fueron: tener una tasa de sobrevivencia de más del 50%, y que tanto la altura como el ancho de copa hayan excedido más del doble luego de 12 meses de haberse plantado.

4. RESULTADOS

4.1 Monitoreo en la parcela de restauración MSA (Código B-PRE-009)

Desde el año 2019 en que fue levantada la información sobre las plantas sembradas en esta parcela hasta la fecha, se han realizado dos (2) monitoreos anuales. En cada monitoreo se ha registrado las plantas sembradas desde el año 2019 (año de establecimiento y levantamiento de la información), y posteriormente, aquellos individuos resembrados en el año 2020 y 2021 que reemplazaron aquellos individuos muertos de plantas sembradas en años anteriores. Además, se ha reportado las especies de regeneración natural (reclutas), que han surgido producto de la vegetación que rodea la parcela de restauración.

Cabe mencionar, que para este monitoreo fueron registrados 55 plantones nuevos de regeneración natural de la especie *Piper aduncum*. También se registraron especies con presencia de flores de individuos que fueron sembrados en la parcela desde el 2019.

4.1.1. Análisis de sobrevivencia

En el monitoreo de este año se contabilizó la pérdida de 250 individuos, lo que corresponde al 53% de las plantas sembradas en la parcela. Pero, también se contabilizaron 55 individuos nuevos de regeneración natural (reclutas). Todas las plantas que se identifican que han muerto (aquellas que fueron sembradas desde el 2019), son reemplazadas por la misma especie, siempre que sea posible, y anotadas en la base de datos, para llevar un registro para su seguimiento el próximo monitoreo.

Actualmente, tres (3) parcelas: la parcela de restauración 2.5 (B-PRE-001), la parcela de restauración Pipeline Road, Km 19+700 (B-PRE-002) y la parcela de MSA (P-PRE-009), están parceladas y bajo monitoreo anual.

Las especies que marcaron mayor cantidad de individuos muertos para este periodo fueron aquellas resembradas en el 2020 (ver figura 05). La mortalidad de plantones refleja las condiciones propias del suelo arcilloso rojo presente en la parcela de restauración. El suelo arcilloso rojo se caracteriza por contener un pH ácido que dificulta la absorción de nutrientes a través de las raíces de las plantas. También, la competencia por espacio y nutrientes que tienen los plantones con la hierba *Brachiaria decumbens*, utilizada para el control de erosión en las áreas a restaurar.

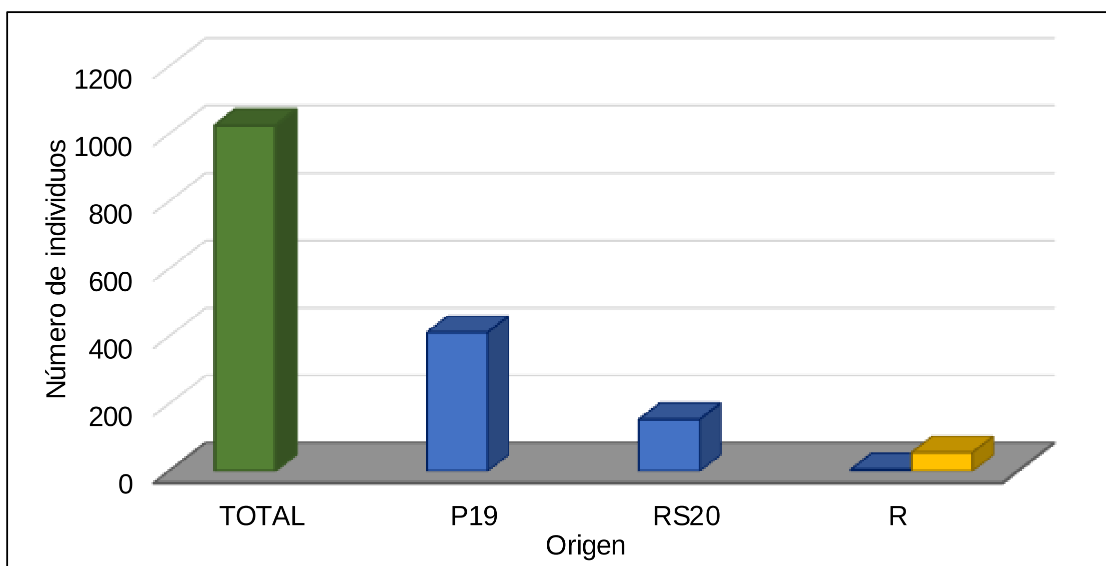


Figura 05. Número de individuos sobrevivientes contabilizados durante este periodo de monitoreo. En el gráfico se muestra el total de plantas contabilizadas en este periodo (barra verde). **P19**= plantas sembradas en 2019, **RS20**= plantas resembradas en 2020, **R**= regeneración natural. Nótese la barra amarilla, que corresponde a nuevas plantas de regeneración natural registradas para este periodo.

4.1.2. Sobrevivencia de especies de plantas resembradas en el año 2020

En la figura 06 se muestra el número de individuos sobrevivientes de 23 especies resembradas en el año 2020. La gráfica refleja sólo la sobrevivencia de estos individuos a partir del año 2020, ya que, a partir de ese año, fueron reemplazados individuos muertos provenientes de 2019 y 2020 con individuos de la misma especie.

Las especies que marcaron el mayor número de sobrevivencia durante este periodo fueron: *Inga pezizifera*, *Macrolobium modicopetalum, Sloanea* sp., *Garcinia magnifolia, Drypetes standleyi, Inga* sp., y *Terminalia amazonia.*

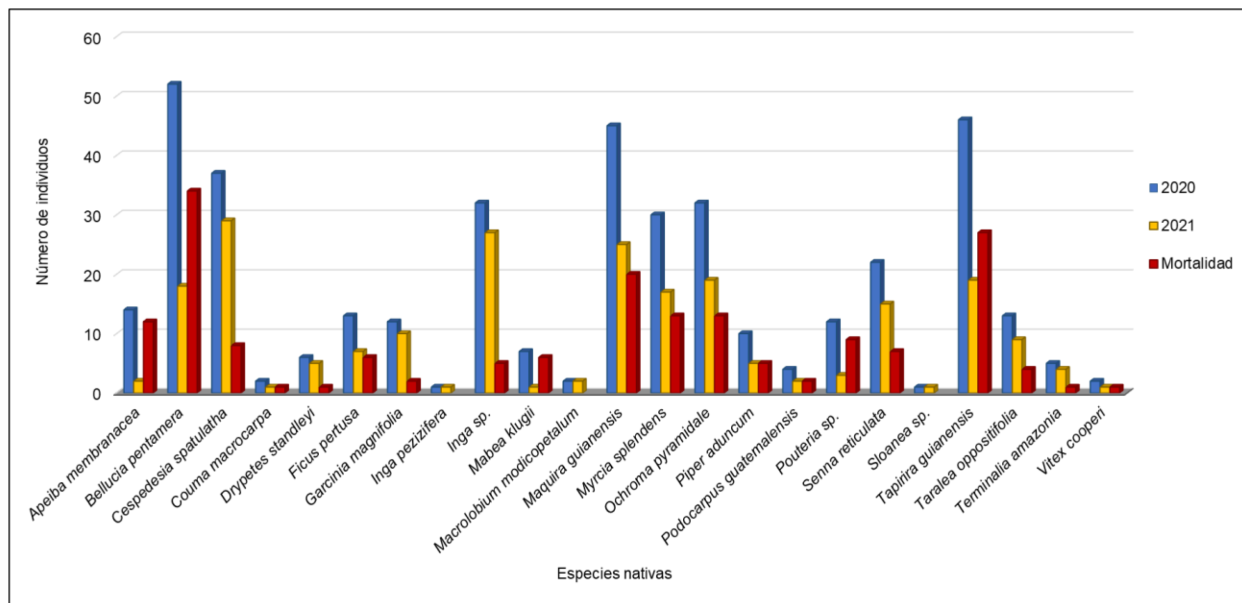


Figura 06. Sobrevivencia de especies resembradas en la parcela de restauración en el año 2020

4.1.3. Evaluación de especies nativas resembradas en el 2020 en la parcela de restauración MSA; según Elliott, Blakesley y Hardwick, 2013.

El análisis de evaluación nos permite determinar el desempeño de una especie después de un año de ser plantadas en la parcela de restauración. La evaluación determinó que cinco especies en total marcaron un buen desempeño en la parcela, tales como: *Macrolobium modicopetalum, Myrsia splendens, Senna reticulata, Sloanea* sp. y *Taralea oppossitifolia* (Tabla 01). Especies como: *Cespedesia spatulatha, Couma macrocarpa, Maquira guianensis*, entre otras, a pesar de marcar una alta tasa de sobrevivencia en la parcela, mostraron un bajo crecimiento. Por otra parte, especies como *Ficus pertuza*, *Pouteria* sp., etc, no se encontraron dentro de los estándares aceptables según el análisis de Elliott, Blakesley y Hardwick (2013). Estas especies, son evaluadas rigurosamente en el vivero con el objetivo de mejorar su rendimiento en las parcelas. Esto se puede lograr aplicando técnicas como: a) mejorar las condiciones del sustrato; aumentando la frecuencia de adición de nutrientes, b) aumentar la frecuencia de la aplicación de nematicida y fungicida contra los patógenos; c) optimizar el pH del suelo tanto del que se prepara en el vivero como también del suelo en las parcelas (se logra

con la aplicación de hidróxido de calcio), para facilitar la absorción de los nutrientes en las plantas; d) intensificar, tanto en el vivero como en la parcela, las técnicas de desarraigue de malezas (Elliott, Blakesley y Hardwick 2013), entre otras. También se debe seguir revisando fuentes de información sobre otras especies nativas en el proyecto y recolectar semillas y plántulas de estas especies nativas que aún no han sido probadas, para las actividades de restauración de futuras parcelas.

Tabla 01. Evaluación anual de especies nativas resembradas en el 2020 en la parcela de restauración del MSA

Especie	% Sobrevivencia	Altura promedio (cm)	Ancho de copa promedio (cm)	Categoría	Acción
Apeiba membranacea	7.7	6	0	1	No aceptable
Bellucia pentamera	27.7	57.3	23.8	2	Investigar para mejorar la sobrevivencia
Cespedesia spatulatha	70.4	43.6	30.9	2	Investigar para mejorar su crecimiento
Couma macrocarpa	50.0	21	11	2	Investigar para mejorar su crecimiento
Drypetes standleyi	80.0	38	11.8	2	Investigar para mejorar su crecimiento
Ficus pertusa	45.5	28.2	14.4	2	Investigar para mejorar su rendimiento
Garcinia magnifolia	81.8	40	34.2	2	Investigar para mejorar su crecimiento
Inga pezizifera	100.0	18	26	2	Investigar para mejorar su crecimiento
Inga sp.	77.3	28.4	25.2	2	Investigar para mejorar su crecimiento
Mabea klugii	14.3	47	0	1	No aceptable
Macrolobium modicopetalum	100.0	52	18	3	Aceptable
Maquira guianensis	53.7	26	10.8	2	Investigar para mejorar su crecimiento
Myrcia splendens	50.0	50.8	15.6	3	Aceptable

Especie	% Sobrevivencia	Altura promedio (cm)	Ancho de copa promedio (cm)	Categoría	Acción
Ochroma pyramidale	35.0	22.1	18	1	No aceptable
Piper aduncum	40.0	22.2	21.6	2	Investigar para mejorar su rendimiento
Podocarpus guatemalensis	50.0	41.5	24	2	Investigar para mejorar su crecimiento
Pouteria sp.	10.0	12	36	1	No aceptable
Senna reticulata	57.9	54.3	41.3	3	Aceptable
Sloanea sp.	100.0	138	30	3	Aceptable
Tapirira guianensis	12.9	33.5	10.8	1	No aceptable
Taralea oppositifolia	63.6	56.4	14	3	Aceptable
Terminalia amazonia	75.0	18	16.7	2	Investigar para mejorar su crecimiento
Vitex cooperi	50.0	34	36	2	Investigar para mejorar su crecimiento

4.2. Levantamiento de la información en la parcela del Pipeline Road Km 4+100 (Código B-PRE-39)

Actualmente el área tiene un total 765 individuos sembrados, pertenecientes a 11 especies; de las cuales seis (6) son pioneras y cinco (5) son especies de sombra (ver tabla 02). Del total de individuos sembrados; 507 provinieron del vivero y 258 fueron extraídas de la vegetación que bordea a la parcela.

También fue realizado el levantamiento de la información de dos cuadrantes de 20x20 metros. Dichos cuadrantes fueron mapeados y se midieron los parámetros de altura, diámetro de cuello de raíz (DCR) y el ancho de copa de las plantas existentes dentro de los cuadrantes. En total fueron contabilizados y medidos 131 plantas (del total de 765 plantas), de las cuales se registraron 55 individuos provienen del vivero, 48 fueron extraídos del bosque y sembrados directamente en la parcela y 28 fueron registrados como plantas de regeneración natural (reclutas). Esta parcela será monitoreada anualmente para determinar la sobrevivencia y crecimiento de las plantas.

Tabla 02. Especies sembradas en la parcela B-PRE-39

Especie	Hábito	Tipo	Número de individuos
Piper auritum	Arbusto	Pionera	274
Ochroma pyramidale	Árbol	Pionera	214
Inga sp. 1	Árbol	Sombra	94
Inga pezizifera	Árbol	Sombra	24
Piper aduncum	Arbusto	Pionera	90
Muntingia calabura	Árbol	Pionera	19
Spondias sp.	Árbol	Sombra	4
Potomorphe peltata	Arbusto	Pionera	1
Calathea sp.	Hierba	Sombra	10
Alsophyla sp.	Helecho arbóreo	Pionera	20
Astrocaryum alatum	Palma	Sombra	15

4.3. Restauración de áreas en el Sitio Mina

Para este periodo (octubre 2021 – marzo 2022) fueron sembradas cinco áreas en el Tajo Botija, en el Botadero Sur. El total corresponde a 2.9 hectáreas en total que fueron sembradas con 5,200 plantones provenientes del vivero de Valle Grande (ve tabla 03).

Tabla 03. Áreas restauradas durante el periodo de octubre 2021 a marzo de 2022

Código de la parcela	Lugar	Superficie (m2)	Superficie (Ha)	Número de plantas sembradas
B-PRE-36	Tajo Botija, Botadero Sur	3,425	0.34	897
B-PRE-37	Tajo Botija, Botadero Sur	6,760	0.68	847
B-PRE-40	Tajo Botija, Botadero Sur	3,100	0.31	1,030
B-PRE-41	Tajo Botija, Botadero Sur	4,600	0.46	1,224
B-PRE-42	Tajo Botija, Botadero Sur	10,610	1.06	1,202

5. CONCLUSIONES

Para este periodo de monitoreo (octubre 2021 - marzo 2022) en la parcela de restauración MSA, se contabilizó una tasa de mortalidad del 53%, del total de las plantas sembradas. De igual manera, se registraron un total de 55 nuevos individuos de regeneración natural.

Del monitoreo realizado en la parcela MSA, siete especies marcaron el mayor número de sobrevivencia: Inga pezizifera, Macrolobium modicopetalum, Sloanea sp., Garcinia magnifolia, Drypetes standleyi, Inga sp., y Terminalia amazonia.

Para el mes de enero, fue realizo el mapeo y el levantamiento de la información en dos cuadrantes de 20x20 metros de la parcela del Pipeline Road del km 4+100, y como resultado, fueron monitoreados 131 plantas del total de 765 individuos existentes en el área.

En el monitoreo fueron registrados 55 plantas que provienen del vivero, 48 que fueron extraídas del bosque y 28 fueron registradas como plantas de regeneración natural.

Durante este periodo también fueron restauradas cinco (5) áreas dentro del Sitio Mina, que comprenden un total de 2.9 hectáreas en total.

6. BIBLIOGRAFÍA

CTF. 2018. Trees, Shrubs, and Palms of Panama. http://ctfs.si.edu/webatlas/maintreeatlas.php. Consultado en diciembre, 2018.

Elliott, S. D., D. Blakesley y K. Hardwick, 2013. Restauración de Bosques Tropicales: un manual práctico. Royal Botanic Gardens, Kew; 344 pp.

Gentry, A.H. 1993. A Fiel Guide to the Families and Genera of Woody Plants of Northwesdt South America (Colombia, Ecuador, Peru): With Supplementary Notes on Herbaceous Taxa. Chicago: The Univertiy of Chicago Press; 895 pp.

Guariguata, M. R. y R. Ostertag, 2002. Sucesión secundaria. En: Guariguata, M. R. y G. Kattán (Editores). Ecología y Conservación de Bosques Neotropicales. Cartago: Libro Universitario Regional; 691 pp.

Hammel, B.E.; Grayum, M.H.; Herrera, C. y N. Zamora. 2010. Manual de Plantas de Costa Rica. Volumen V: Dicotiledóneas (Clusiceae-Gunneraceae). St. Louis, Missouri: Botanical Garden Press; 970 pp.

Hammel, B.E.; Grayum, M.H.; Herrera, C. y N. Zamora. 2007. Manual de Plantas de Costa Rica. Volumen V: Dicotiledóneas (Haloragaceae-Phytolaccaceae). St. Louis, Missouri: Botanical Garden Press; 932 pp.

Nepstad, D. C., Uhl, C., C. A. Pereira y J. M. Cardoso da Silva, 1996. A Comparative study of tree establishment in abandoned pasture and mature forest of Eastern Amazonia. Oikos 76:25-39.

Pérez, R. 2008. Árboles de los Bosques del Canal de Panamá. Panamá: Boski S.A.; 466 pp.

SER 2004. Principios sobre SER International sobre la restauración ecológica SER (Society for Ecological Restoration International – Sociedad Internacional para la Restauración Ecológica). Grupo de trabajo sobre ciencia y políticas (Versión 2: octubre de 2004).

Flora Mesoamericana. 2018. http://www.tropicos.org/Project/FM. (Accesado en diciembre 2018).

Missouri Botanical Graden-Base de Datos MPSA. 2018. http://www.tropicos.org/Project/MPSA. (Accesado en diciembre 2018).

Warwood, N.C. 1999. Seedlings of Barro Colorado Island and the Neotropic. London: Cornell University Press; 645 pp.

Woodson, R.E. y R.W. Schery. 1980. Flora de Panamá. St. Louis, Missouri: Botanical Garden Press; 7396 pp.

7. ANEXOS

Anexo 7.1. Vivero de plantas nativas

7.1.1. Colecta de semillas y plántulas

Para la recolecta de material genético (plántulas y semillas), que se utilizan en el proceso de restauración ecológica, se realizaron giras de campo donde se extrajeron plántulas, semillas y muestras para la identificación taxonómica de árboles y arbustos de especies de sombra y de especies pioneras dentro del área del proyecto. Las especies fueron identificadas utilizando claves taxonómicas como la Flora de Costa Rica (Hammel et. al, 2010; 2007), Flora de Panamá (Woodson y Schery, 1980), Flora Mesoamericana (http://www.tropicos.org/Project/FM, 2020), y fueron corroboradas con la ayuda de la Base de Datos de Trópicos del Missouri Botanical Garden (http://www.tropicos.org/Project/MPSA, 2020), y del Centro de Ciencias de Bosques tropicales (CTFS, por sus siglas en inglés: http://ctfs.si.edu/webatlas/maintreeatlas.php, 2020), como también guías de campo (Gentry, 1993) y libros de texto (Warwood, 2009; Pérez, 2008), referentes a la flora nativa de Panamá, específicamente, del área de la Vertiente del Caribe.

a) Semillas: se utilizaron varas de colecta para poder alcanzar los frutos de árboles altos. Las mismas fueron separadas y guardadas en bolsas de papel con los datos de registro del árbol.

b) Plántulas: se colectaron dentro del bosque o áreas abiertas y se trasladaron al vivero para su posterior siembra. Esta es una alternativa viable para lograr la reproducción de algunas especies cuyas semillas son difíciles de colectar o germinar.

7.1.2. Producción y Manejo en el Vivero

Desde inicio del programa de restauración en el año 2014, se han producido en el vivero un total de 145,009 plántulas correspondiente a 111 especies, pertenecientes a 40 familias. Estas plantas fueron colectadas, tanto en semillas o como plántulas, tanto en áreas abiertas (especies pioneras) como boscosas. Las instalaciones del vivero contienen cámaras con plástico de invernadero para aclimatar las plántulas que son traídas del bosque y aquellas provenientes de la germinación de semillas en las camas de arena. Las camas de arena para la germinación de semillas, fueron construidas utilizando como sustrato arena de río previamente esterilizada con la aplicación de nematicida y fungicida. Dependiendo de las especies, con semillas que requieren más cuidado al momento de germinar y de mayor tiempo de latencia, las semillas fueron sembradas utilizando sustrato de micorrizas.

El suelo utilizado en el vivero para la siembra de plántulas que se extraen del campo y aquellas provenientes de la germinación de las semillas en las camas de arena o micorriza, comprende suelo de aluvión mesclado con arena de río en una proporción de 3:1 (aluvión: arena), luego es

esterilizado con nematicida y fungicida; que se deja en reposo por una semana antes de ser utilizado para la siembra.

La finalidad de las cámaras de invernadero en el vivero es la de mantener la temperatura y humedad óptima, para incrementar el desarrollo y crecimiento radicular de los plantones y, además, para evitar el ataque de plagas. De esta forma se logra mejorar la calidad y resistencia de estas plantas al momento de ser sembradas en las parcelas de restauración. Dichas cámaras de invernadero también aceleran la velocidad de germinación de las semillas en las camas de germinación.

Las plantas fueron propagadas utilizando un sistema de raíz dirigida, basado en tubetes de varias dimensiones, los cuales favorecen el crecimiento de las raíces y aseguran la sobrevivencia de cada una de las plantas. También son utilizadas bolsas de siembra para aquellos plantones que son colectados de mayor tamaño.

Las plántulas provenientes de la germinación de las semillas en las camas de arena, se sembraron en los tubetes con sustrato de aluvión y permanecieron en áreas de sombra dentro del vivero por un tiempo aproximado de tres semanas, luego fueron pasadas al sol de forma paulatina, en donde permanecieron el tiempo requerido que les permitiera completar su aclimatación antes de ir a las parcelas. Las plantas que salgan al campo deben tener entre 25 y 50 cm de altura, con un alto nivel de desarrollo radicular, foliar y del tallo, que les permita resistir las condiciones ambientales existentes en las parcelas.

Las plantas fueron podadas cada cierto tiempo (2-4 semanas), tanto las que permanecen dentro del vivero como la que están expuestas al sol. La poda de las plántulas consiste en remover aquellas hojas secas y con presencia de patógenos (hongos, bacterias y virus), para evitar contaminar el resto de las plantas. Esta operación se realizó a primeras horas de la mañana, a media tarde o en días nublados; con el cuidado de evitarle a la planta un estrés a causa de la luz directa del día.

7.1.3. Germinación de semillas

Las pruebas de germinación nos permiten responder preguntas básicas como cuántas semillas germinan (tasa de germinación) y cuánto tardan (latencia). Ambos parámetros se pueden usar

e incluso manipular cuando se planifica el crecimiento de una cantidad suficiente de árboles jóvenes para un tiempo específico de plantación.

Para este periodo se pusieron a germinar semillas de tres especies pioneras: *Ochroma pyramidale*, *Bellucia pentamera* e *Isertia laevis*. Estas semillas fueron puestas a germinar en las camas de germinación dentro del vivero con diferentes sustratos: arena de río, materia orgánica a base de fibra de madera y micorriza, y cubiertas con las respectivas cámaras de invernadero por aproximadamente dos semanas a tres meses, dependiendo de la especie.

Tabla 7.1. Tiempo y porcentaje de germinación de especies nativas producidas en el vivero

Especie	Código de lote	Sustrato de germinación	Tratamiento pregerminativo	Tiempo en germinar	Porcentaje de germinación
Bellucia pentamera	Belpen_TT7	Micorrizas	No hubo	10 días	*No se puede determinar
Ochroma pyramidale	Ochpyr_SS7	Materia orgánica a base de fibra de madera	3 minutos en agua caliente (aprox. 50-70 ºC)	10 días	1.0%
Ochroma pyramidale	Ochpyr_RR7	Arena de río	3 minutos en agua caliente (aprox. 50-70 ºC)	10 días	0.6%
Ochroma pyramidale	Ochpyr_QQ7	Arena de río	No hubo	10 días	1.6%
Isertia laevis	Iselae_MM7	Arena de río	No hubo	6 días	*No se puede determinar
Isertia laevis	Iselae_ÑÑ7	Micorrizas	No hubo	15 días	*No se puede determinar
Ochroma pyramidale	Ochpyr_OO7	Micorrizas	No hubo	18 días	0.40%

* La especie *B. pentamera* e *I. laevis* poseen semillas muy pequeñas, lo que dificulta su contabilidad y, por consiguiente, no es posible obtener el porcentaje de germinación.

Cabe señalar que para este periodo fueron producidos en el vivero un total de 20,674 plántulas, pertenecientes a 40 especies nativas de 25 familias. De estas; 30 son especies de sombra y 10 son pioneras. Estas plantas fueron colectadas en el bosque y en áreas abiertas.

Anexo 7.2. Monitoreo de Especies de Interés (EdI), reintroducidas en la parcela Km 18+500, Costal Road (código B-PRE-003)

7.2.1. Introducción

Durante el desarrollo del estudio de impacto ambiental fueron determinadas especies de flora vulnerables. Estas especies fueron examinadas por botánicos del Jardín Botánico del Misouri. Las especies fueron evaluadas como especies en peligro y vulnerables, ya que son susceptibles a sufrir un impacto negativo severo dentro y fuera de la huella del proyecto.

Es por esto que Cobre Panamá tiene como unos de sus compromisos establecidos en el EIAs Categoría III, el de rescatar estas especies de interés (EdI) de estas poblaciones vulnerables localizadas en aquellos sitios que han sido intervenidos dentro del proyecto. Estas especies rescatadas son mantenidas en el vivero para asegurar su sobrevivencia, y luego de un tiempo de haber sido mantenidas en el lugar para su recuperación y su adaptación, éstas deben ser reubicadas en un sitio que reúna las condiciones similares de donde fueron extraídas del sitio de origen.

7.2.2. Objetivos

7.2.2.1. Objetivo General

Cumplir con los compromisos establecidos en el EsIA Cat III, para asegurar el menor impacto ambiental sobre las especies EdI dentro del Proyecto Cobre Panamá.

7.2.2.2. Objetivos Específicos

- Reubicar las especies de interés (EdI) en sitios con condiciones de luminosidad y humedad adecuados, similar al sitio donde anteriormente han sido extraídas.

- Realizar monitoreos (mortalidad, crecimiento y otros indicadores) para evaluar la sobrevivencia de las especies EdI.

7.2.3. Metodología

7.2.3.1. Descripción

En el año 2020 fueron reintroducidas especies de interés (EdI) en la parcela de restauración del Km 18+500 del Camino hacia la Costa (código B-PRE-003). Estas especies fueron sembradas

en el área cercana al bosque, donde predominan árboles de *Inga* sp., *Inga oerstediana* e *Inga thibaudiana* provenientes de la restauración realizada en el área en 2015. Estos árboles han alcanzado una altura de entre 8-15 metros y un ancho de copa de 9-12 metros, que proporcionan sombra y humedad, asemejando los sitios donde estas especies EdI fueron originalmente extraídas. El suelo en esta área se encuentra cubierto por una capa de hojarasca en proceso de descomposición. Cabe mencionar que también predominan la regeneración natural de plantones provenientes de diferentes especies del bosque que bordea a la parcela y de aquellas especies que fueron sembradas en la parcela.

El sitio donde se encuentran las EdI reintroducidas en la parcela Km 18+500 comprende un área de aprox. 725 m^2 (0.07 ha), se encuentra orientada hacia el Suroeste según el sistema de coordenadas geográficas entre los 08°54´15.9´´ Norte y 80°39´12.6´´ Oeste. El área comprende dos fajas de 20 x 30 m y otra faja de 5 x 25 m (Figura 7.1).

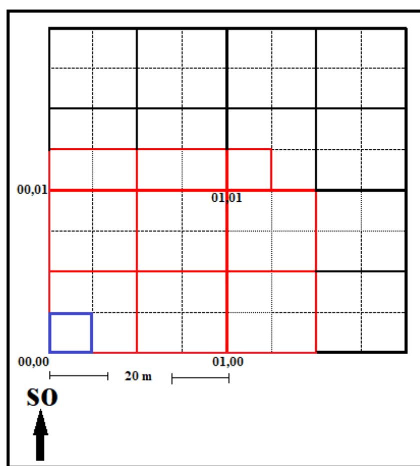


Figura 7.1. Modelo de demarcación de cuadrantes 20x20 metros y subcuadrantes 5x5 metros (cuadrante azul) en la parcela Km 18+500. Nótese los cuadrantes remarcados de rojo que representan los cuadrantes donde se localizan las EdI mapeadas.

7.2.3.2. Monitoreo de especies de Interés (EdI)

El monitoreo de las plantas EdI se realizó tomando en cuenta las variables de altura, diámetro del cuello de raíz (DCR), ancho de copa y la salud del plantón. Para las especies tipo hierbas, no fueron tomadas en cuenta medidas de altura ni de diámetro, ya que estas especies se caracterizan por no poseer un tallo, y también en el caso de las zamias y palmas que, por su estado juvenil, aún no han desarrollado el mismo. Para estas plantas solo fue considerada el

ancho de copa y la cantidad de hojas existentes. Los monitoreos se realizarán anualmente para determinar la sobrevivencia de cada una de las especies plantadas.

7.2.4. Resultados

Durante este periodo se realizó el segundo monitoreo de las plantas EdI reintroducidas en la parcela de restauración del Km 18+500. Estas especies fueron rescatadas de diferentes áreas, y las mismas fueron mantenidas en el vivero de Valle Grande durante un tiempo para asegurar su recuperación y sobrevivencia.

El sitio reúne condiciones promedio de humedad de 81.3%, temperatura de 37°C y una incidencia de luz de 5,020 Lux.

En total son 60 individuos que se encuentran establecidos en la parcela, pertenecientes a nueve especies, lo cual comprenden hierbas, palmas, zamias y árboles. De estas especies una se encuentra En Peligro Crítico (CR), seis están En Peligro (EN) y dos son Vulnerables (VU+), según la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN).

Durante el monitoreo fueron contabilizados solo dos (2) individuos muertos: de estos un individuo de *Trichodrymonia peltatifolia* y un individuo de *Palicourea roseocremea* marcando un porcentaje de sobrevivencia de 97% del total de especies EdI sembradas en la parcela. Cabe señalar que ambos individuos que resultaron muertos para este monitoreo, fueron reemplazados por individuos de la misma especie provenientes del vivero.

La alta sobrevivencia de estas Especies de Interés en la parcela de restauración Km 18+500, muestra que son sitios aptos para estas plantas ya que reúnen las condiciones climáticas óptimas, para su establecimiento y desarrollo.

Anexo 7.3. Registro Fotográfico

Mantenimiento de parcelas de restauración ecológica



A y **D.** Limpieza de plantones. **B**. Fertilización. **C**. Fumigación de plantones

Actividades en la parcela Pipeline Road Km 4+100 (código B-PRE-39)



A. Vista panorámica de la parcela B-PRE-39. **B.** Toma de datos de plantas en la parcela. **C.** Medida de la altura del plantón. **D.** Demarcación de cuadrantes 20x20 metros.

Restauración de áreas en el Tajo Botija



A. Medida de pH al suelo. **B.** Limpieza en rodales. **C.** Aplicación de cal al terreno. **D.** Siembra de plantones.

Localización de áreas restauradas

 **Parcela 2.5 (B-PRE-001)**	 **Parcela Km 19 Pipeline Road (B-PRE-002)**
 **Parcela Km 18. Costal Road (B-PRE-003)**	 **Parcela Km 17 Costal Road (B-PRE-004)**
 **Parcela Km 12 Coastal Road (B-PRE-005)**	 **Parcelas del Tajo Colina (B-PRE-36, B-PRE-37 y B-PRE-38)**